

КРИОГЕННАЯ ПЛАЗМА

Авторы: Э. И. Асиновский, А. В. Кириллин

КРИОГЕННАЯ ПЛАЗМА (от *крио...* и *...генез*), плазма, охлаждённая до низких (криогенных) температур. К. п. используется прежде всего для изучения элементарных и коллективных процессов в ионизованных газах при ультранизких значениях тепловой энергии частиц. Наиболее подробно изучены свойства К. п. гелия.

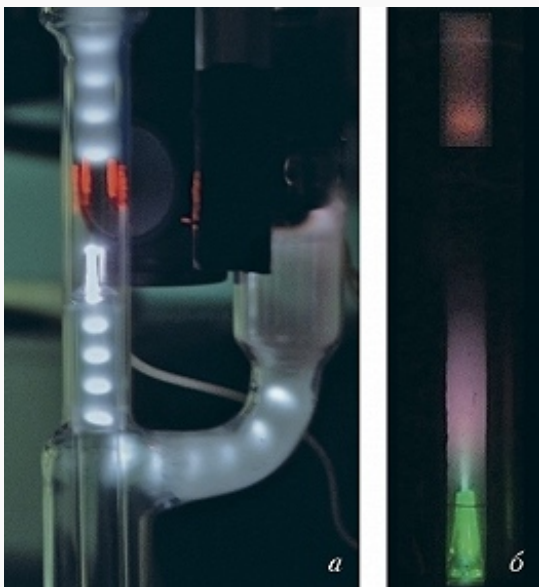


Рис. 1. Криогенный стратифицированный разряд в жидком азоте (температура 77 К) (а) и жидком гелии (4,2 К) (б).

При температурах порядка температуры жидкого гелия вид разряда меняется: страты исчезают....

Простейший способ получения К. п. состоит в следующем. В криогенную жидкость (жидкий азот или жидкий гелий) опускается трубка, внутри которой горит стратифицированный *тлеющий разряд* (рис. 1). Давление газа в трубке и ток разряда (либо длительность горения разряда) выбираются такими, чтобы ионная темп-ра T_i в трубке была практически равна темп-ре окружающей её жидкости. В то же время электронная темп-ра T_e в плазме разряда может достигать нескольких десятков тысяч градусов. При прерывании разрядного тока T_e уменьшается из-за столкновений электронов с атомами, как правило, быстрее, чем успевают исчезнуть из объёма заряды вследствие рекомбинации или диффузии; в эти неск. миллисекунд и существует К. п. с T_e , близкой к T_i (рис. 2).

Помещая рекомбинирующую (распадающуюся) плазму во внешнее электрич. поле,

можно поддерживать T_e в ней на заданном уровне и т. о. продлить время существования К. п. Предельный случай соответствует стационарному тлеющему разряду, охлаждённому криогенной жидкостью. К. п. может быть создана и др. способами, напр. с помощью импульсного безэлектродного разряда, пучка быстрых электронов.

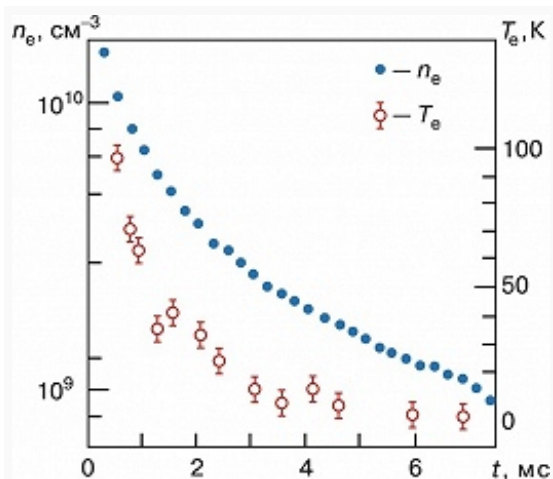


Рис. 2. Зависимость концентрации n_e и электронной температуры T_e от времени в послесвечении гелиевой криогенной плазмы при $T=4,2$ К и концентрации атомов $n_a=1,26 \cdot 10^{18}$ см⁻³.

В кинетике К. п. гелия значит. роль играют метастабильные атомы He, концентрация которых при уменьшении темп-ры резко возрастает из-за снижения скорости диффузии и скорости их перехода в осн. состояние. Парные столкновения метастабильных атомов представляют собой интенсивный источник электронов, что приводит к изменению функции распределения электронов в плазме разряда и снижению напряжённости поля при малых токах и давлениях.

В распадающейся К. п. гелия при темп-ре жидкого азота и ниже (≤ 100 К) осн. ионом становится . Электрон-ионная рекомбинация в этом случае происходит

с образованием возбуждённых молекул , что подтверждается их свечением, наблюдаемым при распаде плазмы.

Кроме молекулярных ионов, в К. п. образуются кластерные ионы, в которых число атомов может достигать нескольких сотен. В тяжёлых инертных газах появляются также и электронные кластеры.

При криогенных темп-рах и больших плотностях в гелии в результате обменного взаимодействия электрона с атомными электронами возможно образование вокруг рассматриваемого электрона полости («пузырька»), движущейся вместе с электроном под действием электрич. поля. Образование полости резко снижает подвижность электрона.

В кон. 20 – нач. 21 вв. особый интерес представляют исследования пылевой плазмы – плазмы с введённой в неё конденсированной компонентой – при криогенных температурах. Помещённые в К. п. твёрдые частицы размером 4–6 мкм приобретают отрицательный заряд, и параметр взаимодействия для конденсированной дисперсной фазы возрастает, превосходя этот параметр даже для систем с сильным кулоновским взаимодействием на порядки величины. Системы с высоким параметром взаимодействия являются интереснейшим объектом для исследования фазовых равновесий при криогенных температурах.

Литература

Лит.: Самоваров В. Н. Особенности деионизации криогенной гелиевой плазмы // Химия плазмы. М., 1981. Вып. 8; Асиновский Э. И., Кириллин А. В., Раковец А. А. Криогенные разряды. М., 1988; Asinovskii E. I., Kirillin A. V., Markovets V. V. Plasma coagulation of microparticles on cooling of glow discharge by liquid helium // Physics Letters. A. 2006. Vol. 350. № 1/2.